

PROPUESTA PARA LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

EDWIN ANDRES CASTILLO POLANIA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LOGÍSTICA INTEGRAL
Bogotá, Julio 2017

PROPUESTA PARA LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

PROPOSAL FOR THE PLANNING AND SCHEDULING OF A DISTRIBUTION CENTER

Edwin Andres Castillo Polania
Ingeniero Industrial, Jefe de Operaciones CEDI
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá DC., Colombia
im_ea@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se expone un sistema de pronóstico de las unidades para los procesos específicos de: recibo, almacenamiento, crossdocking, picking y despachos en un Centro de Distribución (CEDI), calculados mediante un modelo de variación estacional. Las unidades pronosticadas se utilizan como herramienta para la toma de decisiones en cuanto a la planeación y programación de la operación en el CEDI, ya que conociendo el flujo de la operación de manera anticipada se puede saber la cantidad de recursos que van a ser necesarios, tales como: mano de obra, infraestructura, equipos, entre otros, y los cuales incrementan o disminuyen la capacidad instalada del CEDI para operar. Los recursos son solicitados por el cliente del proceso ya que la operación es tercerizada y el costo de estos es asumido por el cliente de la operación. Así las cosas, la solicitud errónea de recurso puede representar un sobre costo logístico significativo que se debe controlar y se va a manejar con base en las unidades pronosticadas, las cuales una vez estimadas se deben medir y controlar constantemente. Como resultado se destaca el bajar el porcentaje de variabilidad absoluta acertando en el pronóstico y un indicador de cumplimiento favorable, además de tener una herramienta base para la toma de decisiones.

Palabras Clave: Pronostico, demanda estacional, índice de estacionalidad, Centro de Distribución.

ABSTRACT

In this article, a unit forecast system is presented for the specific processes of: receipt, storage, crossdocking, picking and dispatching in a Distribution Center (CEDI), calculated using a seasonal variation model. The units forecasted are used as a tool for decision-making in terms of planning and programming of the operation in CEDI, since knowing the flow of

the operation in advance can know the amount of resources that are going to be necessary, Such as: labor, infrastructure, equipment, among others, and which increase or decrease the installed capacity of CEDI to operate. The resources are requested by the client of the process since the operation is outsourced and the cost of these is assumed by the client of the operation. Thus, erroneous request for resource can represent a significant logistical cost that must be controlled and managed on the basis of predicted units, which once estimated must be constantly measured and controlled. As a result, it is important to lower the percentage of absolute variability by hitting the forecast and a favorable indicator of compliance, as well as having a basic tool for decision making.

Keywords: Forecast, seasonal demand, seasonality index, Distribution Center.

INTRODUCCIÓN

La planeación y programación de las operaciones en los Centros de Distribución (CEDI) son vitales para llegar al cumplimiento de los objetivos que se establecen para el área logística de la compañía, la cual tiene como concepto según Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP “La Logística es aquella parte de la gestión de la Cadena de Suministro que planifica, implementa y controla el flujo -hacia atrás y adelante- y el almacenamiento eficaz y eficiente de los bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos de los consumidores” (CSCMP, 2016) el cual es aplicado para el Centro de Distribución y se maneja teniendo en cuenta los procesos que en él se ejecutan. A su vez, se debe

tener en cuenta que una buena gestión en los centros de distribución también requiere que los niveles directivos conozcan en detalle qué tipo de operaciones debe realizar su almacén (Posada, 2011).

Determinar qué pasará en el futuro con el fin de tomar decisiones adecuadas es un problema que se presenta con frecuencia. (Sipper, 1998) Esto hace que la necesidad de pronosticar la operación en el Centro de Distribución sea indispensable y tiene como propósito el mejorar la planeación y programación de la operación con el fin de minimizar los costos generales en cuanto a utilización de recursos, ya sea Mano de Obra o Capacidad Instalada.

El Centro de Distribución de estudio ejecuta los procesos de recibo, almacenamiento, picking y despachos; los cuales se medirán en número de unidades

y atiende cinco tiendas (Centro Mayor, Villavicencio, Soacha, Piedecuesta e Ibagué) y una plataforma logística (Bucaramanga) estas hacen parte de una empresa del sector del Retail en Colombia.

Es necesario conocer las unidades que se van a mover cada mes en el Centro de Distribución para cada uno de los procesos mencionados específicamente (Mejia, 2011), por lo cual se hace necesario pronosticar cada uno de los procesos, implementando un método de pronósticos que indique cuantas unidades se van a recibir por parte de los proveedores, de estas unidades cuantas van a ser para almacenamiento en CEDI y cuantas van a pasar como crossdocking, de las unidades que se almacenan cuantas van a ser solicitadas para picking y el número de unidades que se despacharan.

Inicialmente, se reúne información histórica (24 meses) de las unidades que se han movido en el Centro de Distribución, en cada uno de los procesos, esta información se debe analizar para poder establecer el tipo de método de pronóstico se debe aplicar para obtener las unidades de los siguientes meses. Así las cosas, se puede tener un conocimiento general de la operación y realizar una planeación y

programación óptima, adaptando los recursos al número de unidades pronosticado para cada uno de los procesos y las necesidades que se van presentando acorde con la operación en el Centro de Distribución.

I. MARCO CONCEPTUAL

La aplicación de pronósticos ha estado en constate verificación por parte de las organizaciones, para lograr aplicar el indicado con base en las diversas variables que se puedan presentar y que revelen cual debe ser utilizado, ya que la utilización de un método incorrecto de pronósticos puede llevar a la compañía a asumir sobre costos logísticos con una planeación y programación erróneas. Las investigaciones en este ámbito integran varios conceptos: (Ferbar, 2010) Propuso integrar el modelo de inventarios y el pronóstico optimizando tanto los parámetros como los valores iniciales. (Hernandez, 2008) Modelo multinivel que parte de demanda constante. (Snyder, 2002) Desarrolló un modelo de inventarios que parte de pronósticos por suavización exponencial. (Syntetos, 2010) Reportaron un estudio de caso sobre bodegas mayoristas. De esta manera podemos

evidenciar que la aplicación de un modelo de pronósticos basado en los datos históricos es considerablemente beneficioso para la organización.

Pronosticar es la ciencia y arte de predecir eventos futuros (Giraldo G. A., 2014). Puede implicar tomar datos históricos y proyectarlos hacia el futuro con alguna clase de modelo matemático, también puede ser una predicción subjetiva o intuitiva, o puede implicar una combinación de estas, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen juicio de un administrador. Raramente existe una técnica superior a las otras, lo que trabaja mejor en una compañía bajo un conjunto de condiciones puede ser un completo desastre en otra organización, o aún en un departamento diferente de la misma firma, lo que hace que la planeación y programación de cada organización sea independiente y se base en sus variables particulares y contexto en el cual se encuentra.

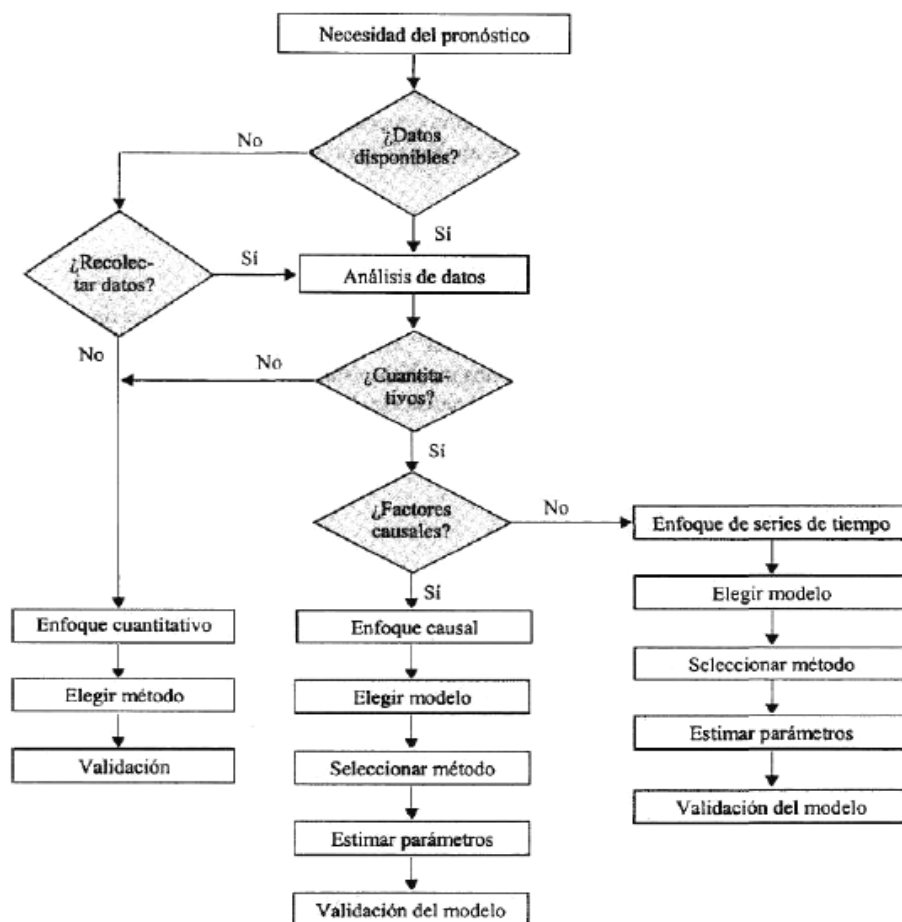
“Los pronósticos son rara vez perfectos, son costosos y toman tiempo considerable para prepararse y para ser monitoreados” (Giraldo G. M., 2003) Sin embargo, debido a que la planeación estratégica efectiva, tanto en el corto como

en el largo plazo, depende de un pronóstico de la demanda de los productos o en este caso de las unidades que se mueven en la compañía, que sea inevitable la necesidad de hacer pronósticos (Jay Heizer, 2010). De acuerdo con (Mazo, 2011), la logística y las cadenas de suministro deberán traducirse en ventajas competitivas desde la estrategia. La planeación de las cadenas de abastecimiento presenta un punto de partida el cual resulta ineludible si se pretende generar valor; la previsión y la anticipación son el camino.

Con base en lo anterior se propone, seleccionar e implementar un sistema de pronósticos para las unidades de cada uno de los procesos específicos del Centro de Distribución ya que la identificación del problema determina la misión o el propósito, que se muestra como necesidad del pronóstico en la Diagrama 1 e inicia el diseño del modelo de pronósticos (Sipper, 1998). El modelo propuesto y que se evidencia como resultado de las pruebas para la selección del mismo es el modelo de variación estacional o cíclica que aplica de manera adecuada a la compañía de estudio.

Diagrama 1

Diseño de un sistema de pronósticos



Fuente: (Sipper, 1998)

II. DIAGNOSTICO

Se evidencian falencias en cuanto a la planeación y programación de la operación en el Centro de Distribución de un cliente que la maneja mediante operador logístico, estas falencias son el producto del desconocimiento anticipado por parte del cliente de las unidades que se

van a recibir, almacenar, pasar a crossdocking, realizar alistamiento y despachar. Provocando problemas de capacidad instalada en cada uno de los procesos.

Los errores que se generan por la falta de conocimiento previo al manejo operacional se validan con lo sucedido en el año 2016, cuando no se aplicó ningún

modelo de pronóstico y se creyó que las unidades iban a ser idénticas a las de 2015, idénticas en cantidad y en periodos de tiempo, lo cual claramente es un error por los cambios en el mercado que se llegaron a originar, por ejemplo, moviendo algunas temporadas debido al paro de transportadores del año 2016, donde el evento que se realiza a mitad de año en 2015 fue en el mes de Junio y en 2016 fue en el mes de Julio, generando una variación en los picos de operación.

Las unidades realizadas en el año 2016 no coinciden con las unidades realizadas en el año 2015, por lo tanto, el porcentaje de cumplimiento en unidades tiene fluctuaciones muy altas, tanto por debajo como por encima de las realmente realizadas, este porcentaje de cumplimiento se puede ver en la Tabla 1, donde se puede apreciar que para el mes de marzo se habían realizado 56.018 unidades en 2015 y estas se sobrepasaron ya que se terminaron realizando 93.445 unidades en 2016, caso contrario para el mes de diciembre ya que en 2015 fueron 218.092,26 unidades y en 2016 se realizaron solamente 168.306 unidades. Estas fluctuaciones ocasionan problemas de planeación y programación de los recursos para operar en el Centro de

Distribución, dado que no se disponía de la capacidad adecuada o se tenía demasiado recurso respectivamente, lo cual genera sobrecostos logísticos y problemas operacionales por tener que realizar planes reactivos para poder realizar los procesos.

Tabla 1
Porcentaje de cumplimiento de unidades realizadas en el 2015 VS unidades realizadas en el 2016

Recibo Total	2015	2016	% Cumplimiento
Enero	107.064,00	91.799,00	85,74%
Febrero	75.138,00	68.060,00	90,58%
Marzo	56.018,00	93.445,00	166,81%
Abril	68.389,00	108.518,00	158,68%
Mayo	83.380,00	92.684,00	111,16%
Junio	109.042,00	98.300,00	90,15%
Julio	75.252,00	106.841,00	141,98%
Agosto	53.446,00	59.544,00	111,41%
Septiembre	68.835,00	56.530,00	82,12%
Octubre	137.306,30	135.892,00	98,97%
Noviembre	217.340,81	231.839,00	106,67%
Diciembre	218.092,26	168.306,00	77,17%

Fuente: Propia

La variabilidad de la operación, repercute claramente en la gestión de la operación, la cual se ve empañada y llena de inconvenientes por la falta de un horizonte claro en cuanto a las unidades a procesar cada mes, a continuación, se relaciona el porcentaje de variabilidad absoluta para el recibo total del Centro de Distribución, Tabla 2.

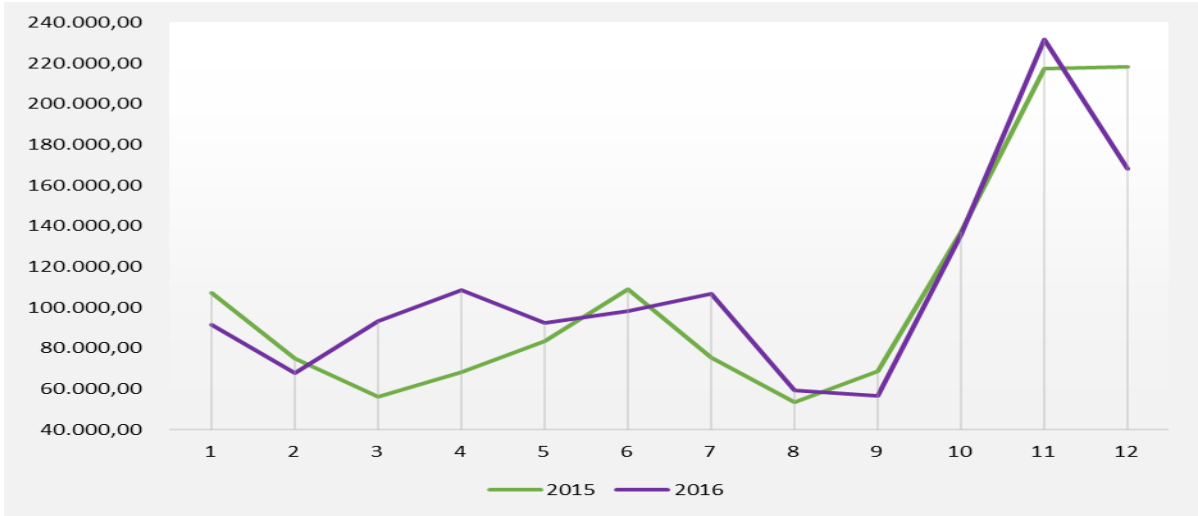
Tabla 2
Porcentaje de variabilidad de las unidades realizadas los años 2015 y 2016

Recibo Total	2015	2016	% Variabilidad Abs.
Enero	107.064,00	91.799,00	16,63%
Febrero	75.138,00	68.060,00	10,40%
Marzo	56.018,00	93.445,00	40,05%
Abril	68.389,00	108.518,00	36,98%
Mayo	83.380,00	92.684,00	10,04%
Junio	109.042,00	98.300,00	10,93%
Julio	75.252,00	106.841,00	29,57%
Agosto	53.446,00	59.544,00	10,24%
Septiembre	68.835,00	56.530,00	21,77%
Octubre	137.306,30	135.892,00	1,04%
Noviembre	217.340,81	231.839,00	6,25%
Diciembre	218.092,26	168.306,00	29,58%

Fuente: Propia

El porcentaje de variabilidad no debe superar el 10% en ninguno de los meses,

Grafica 1
Unidades realizadas años 2015 y 2016



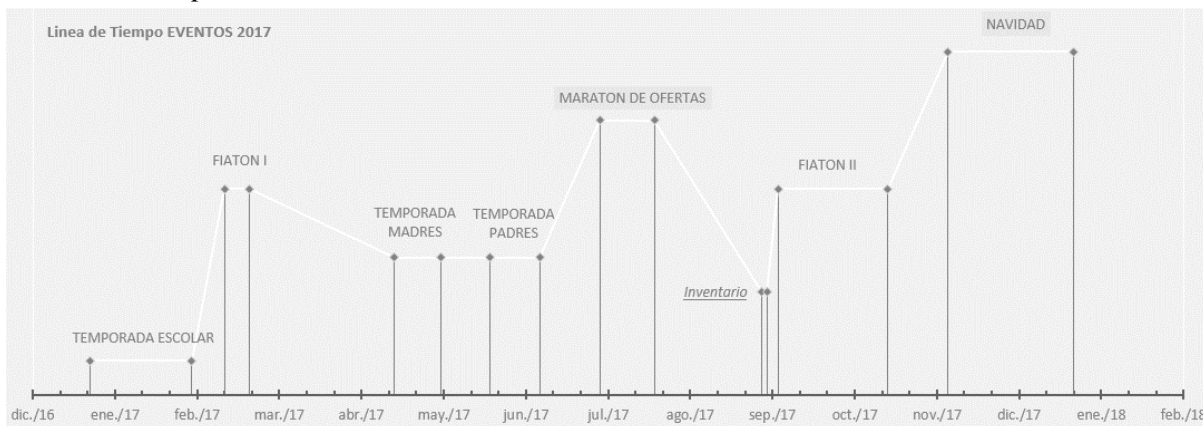
Fuente: Propia

para que la operación sea controlable y no se tengan problemas de planeación y programación, vemos como en 10 de los 12 meses del año se superó este porcentaje ocasionando problemas claros de planificación en el Centro de Distribución, en la Grafica 1, están registradas las unidades realizadas en el año 2015 y las unidades realizadas en el año 2016, donde la diferencia en la mayoría los meses se hace presente.

El negocio es de Retail y se manejan temporadas y eventos que promueven el negocio y se ajustan al mercado en el

transcurso del año, véase, Figura 1: Línea de Tiempo Eventos 2017.

Figura 1
Línea de Tiempo Eventos 2017.



Fuente: Propia

Estos eventos hacen que la operación tenga picos muy elevados por el tránsito de gran cantidad de unidades en poco tiempo (Ej.: *Fiaton I*) o que las unidades dejen de moverse y se llegue a un stock mínimo en el CEDI (Ej.: *Inventario*), pero él no programar la operación ni planificar la cantidad de recurso necesario para cada mes, afecta de manera directa los costos y se puede llegar a no cumplir a tiempo con los objetivos o que el cumplirlos demande mayor cantidad de recurso. Todos los recursos son suministrados por el operador logístico, entiéndase como recursos: el personal por cargo (Supervisores, Montacargistas, Auxiliares de Información y/o Auxiliares Operativos)

para la mano de obra, los equipos de cómputo o terminales de radio frecuencia para ejecutar las labores, montacargas, infraestructura como estantería para el almacenamiento, estibadores, pallets, insumos, entre otros; sin embargo, la solicitud de estos hacia el operador logístico es responsabilidad del cliente ya que el suplir las necesidades tiene un costo definido y preestablecido contractualmente.

El Centro de Distribución cuenta con 24 meses de información en relación a las unidades de cada uno de los procesos específicos (recibo, almacenamiento, crossdocking, picking y despachos) la cual

no es utilizada y no se ha tenido en cuenta para la toma de decisiones, esto ha generado errores de planeación y programación de los procesos.

La operación en el Centro de Distribución al ser tercerizada y con el cliente como responsable de solicitar el recurso de manera anticipada, para cada uno de los meses al operador logístico, también resulta en el aumento o disminución de la capacidad instalada para ejecutar los procesos lo cual resulta en otra responsabilidad que recae sobre el cliente para la toma de decisiones.

El no utilizar los datos históricos que se tienen genera errores de planeación y programación, con capacidad instalada incorrecta, personal excesivo generando un sobre costo de nómina y tiempos ociosos o personal faltante generando sobre cargas laborales y costo de horas extra, a su vez en cuanto a infraestructura se puede solicitar más o menos estantería de la necesaria generando problemas de inventarios y afectando la productividad por falta de organización en el CEDI o equipos que generan un costo de alquiler por la temporada y que no sea el suficiente o que no se utilice al 100%.

III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El Centro de Distribución requiere pronosticar las unidades para los procesos específicos de recibo, almacenamiento, crossdocking, picking y despachos; para lo cual se tienen los datos históricos de los años 2015 y 2106 (24 meses). De esta manera se cumple el flujo mencionado en la Diagrama 1, con una clara necesidad del pronóstico, expuesta en el diagnóstico (III.) y datos disponibles que requieren de un análisis.

Con el fin de establecer el tipo de método de pronóstico que aplica para la utilización de los datos históricos, es necesario emplear el Coeficiente de Correlación (R), que con su resultado indicara si el tipo de pronóstico a utilizar es: constante, de tendencia o estacional; validando de esta manera los factores causales y teniendo en cuenta el enfoque de las series de tiempo para poder elegir el modelo.

1. El Coeficiente de Correlación (R) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\sum(Y_t - \hat{y})(Y_{t-1} - \hat{y})}{\sum(Y_t - \hat{y})^2}$$

Fuente: (Restrepo, 2005)

Donde:

$Y_t = \text{promedio por periodo}$

$\hat{y} = \text{promedio}$

Si el resultado obtenido indica que siempre que "R" tiende a "0" a medida que "t" aumenta se debe aplicar un método de pronóstico Constante; cuando "R" tiende a "0" más de "3" periodos ($Y_t - \hat{y}$) a medida que "t" aumenta tendremos que aplicar un método de pronóstico por Tendencia y si "R" presenta variaciones de cambio de signo en ($Y_t - \hat{y}$), donde $R > 0,5$ aplica un modelo de variación Estacional o cíclica.

Para este caso los resultados de (R) Coeficiente de Correlación, que expondremos más adelante en un ejemplo directo en el proceso específico de Recibo, obedecen a modelos de variación estacional los cuales se definen como una serie de tiempo con un patrón de cambio a si mismo mes tras mes. Por lo regular, el desarrollo de una técnica de pronóstico estacional comprende la selección de un método multiplicativo o uno de adición y estimar después índices estacionales a partir de la historia de la serie (MURILLO, 2003), siendo consecuentes con el flujo y aplicando el método seleccionado tenemos que hallar el índice de estacionalidad.

2. El índice o factor de estacionalidad mencionado se calcula con la siguiente formula:

$$\hat{X}_t = I * \hat{X}_g$$

Fuente: (López, 2016)

Donde:

$\hat{X}_t = \text{Pronostico del periodo } t$

$I = \text{Indice o factor de estacionalidad}$

$\hat{X}_g = \text{Promedio total de las unds}$

Sea:

$$I = \hat{X}_i / \hat{X}_g$$

Donde:

$\hat{X}_i = \text{Promedio de las unds de cada periodo } (i)$

Fuente: (López, 2016)

Una vez aplicamos el Índice de Estacionalidad para cada uno de los periodos, podemos obtener el pronóstico para los meses del año 2017, y de esta manera concluir el flujo (Diagrama 1) con la estimación de los parámetros necesarios para una correcta planeación y programación de la operación en el Centro de Distribución.

Para finalizar se debe realizar una validación del modelo, para poder efectuar la validación del modelo vamos a hacer uso de tres herramientas que analizan el

error del pronóstico (e_t), pero antes debemos calcularlo, este es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico.

3. Matemáticamente, se tiene:

$$e_t = d_t - S_{t-1}$$

Fuente: (Sipper, 1998)

Donde:

$$d_t = \text{Und. Realizadas}$$

$$S_{t-1} = \text{Und. Pronosticadas}$$

Al tener identificado el error podemos proceder con los métodos de validación, desviación absoluta media (DAM), el error cuadrático medio (ECM) (Marin, 2013) y el porcentaje absoluto medio del error (PAME) estos están definidos por las siguientes formulas:

4. Desviación Absoluta Media (DAM):

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t|$$

Fuente: (Sipper, 1998)

Dónde: $|e_t|$ es el valor absoluto de e_t . DAM mide la dispersión de los errores y si DAM es pequeña, el pronóstico debe ser cercano a la demanda real. Los valores grandes de DAM pueden indicar problemas con el sistema de pronósticos.

5. Error Cuadrático Medio (ECM):

$$ECM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2$$

Fuente: (Sipper, 1998)

Al elevar al cuadrado los términos de error aumenta la "penalización" para los errores grandes. Así, un solo error grande aumenta mucho el ECM.

Todas las medidas de demanda anteriores dependen de la magnitud de los números que se están pronosticando. Si los números son grandes, el error tiende a ser grande. Puede ser más significativo observar el error relativo a la magnitud de los pronósticos; esto se hace usando el porcentaje absoluto medio del error (PAME), donde:

6. Porcentaje absoluto medio del error (PAME)

$$PAME = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100 \right)$$

Fuente: (Sipper, 1998)

Con el porcentaje del PAME se halla una forma más natural de medir el error.

Finalmente, y para cerrar de manera correcta el flujo del sistema de pronóstico (Diagrama 1) es necesario medir el

resultado del pronóstico, lo cual realizaremos mediante indicadores.

Se utilizarán dos indicadores, el primero es el Indicador de Cumplimiento: para medir en que porcentaje se cumplen las unidades realizadas sobre las unidades pronosticadas, con base en la siguiente formula:

7. Indicador de Cumplimiento

$$Ind. Cumplimiento = \frac{Und. Realizadas}{Und. Pronosticadas} \times 100$$

Fuente: Propia

El segundo es el Indicador de Variabilidad, con el cual se mide el porcentaje de variabilidad del pronóstico, hacia arriba o hacia abajo, unidades realizadas superiores a las pronosticadas o unidades realizadas inferiores a las pronosticadas de manera absoluta y teniendo en cuenta que el porcentaje debe ser mínimo para que se evidencia una buena variabilidad del pronóstico, con la diferencia entre las unidades realizadas y las unidades pronosticadas sobre las unidades realizadas, representadas en la siguiente formula:

8. Indicador de Variabilidad

$$Ind. Variabilidad = \left| \frac{Und. Realizadas - Und. Pronosticadas}{Und. Realizadas} \right| \times 100$$

Fuente: Propia

De esta manera se culmina el sistema de pronóstico propuesto para el Centro de Distribución corroborando que la aplicación del mismo es factible y beneficiosa para la toma de decisiones, consiguiendo un manejo más óptimo de los recursos y llegando a una reducción de costos de operación gracias a una planeación y programación basada en estimados y aprovechando la información histórica del CEDI.

IV. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para el ejemplo se abordará el proceso específico de Recibo, como lo mencionamos anteriormente, y de acuerdo al modelo expresado, comenzamos presentando los datos históricos que se tienen de los años 2015 y 2016, 24 meses. Tablas 3 y 4.

Tabla 3
Datos Históricos 2015

2015	Proveedores	CEDI Itagui	Recibo Total
Enero	70.396,00	36.668,00	107.064,00
Febrero	54.262,00	20.876,00	75.138,00
Marzo	36.861,00	19.157,00	56.018,00
Abril	50.575,00	17.814,00	68.389,00
Mayo	61.483,00	21.897,00	83.380,00
Junio	73.455,00	35.587,00	109.042,00
Julio	38.447,00	36.805,00	75.252,00
Agosto	35.491,00	17.955,00	53.446,00
Septiembre	44.956,00	23.879,00	68.835,00
Octubre	96.543,15	40.763,15	137.306,30
Noviembre	139.217,91	78.122,91	217.340,81
Diciembre	127.105,13	90.987,13	218.092,26

Fuente: Propia

Tabla 4
Datos Históricos 2016

2016	Proveedores	CEDI Itagui	Recibo Total
Enero	51.021,00	40.778,00	91.799,00
Febrero	44.615,00	23.445,00	68.060,00
Marzo	64.922,00	28.523,00	93.445,00
Abril	74.194,00	34.324,00	108.518,00
Mayo	61.530,00	31.154,00	92.684,00
Junio	76.040,00	22.260,00	98.300,00
Julio	75.051,00	31.790,00	106.841,00
Agosto	35.282,00	24.262,00	59.544,00
Septiembre	40.550,00	15.980,00	56.530,00
Octubre	95.123,00	40.769,00	135.892,00
Noviembre	172.661,00	59.178,00	231.839,00
Diciembre	109.301,00	59.005,00	168.306,00

Fuente: Propia

Paso seguido, sacamos el promedio de los datos de Recibo Total que se tienen con la información histórica (Y_t), véase: Tabla 5, con el fin de aplicar el coeficiente de correlación (R) como se indica en la descripción del modelo obteniendo ($Y_t - \bar{y}$) para cada uno de los periodos/meses (t), se calcula después la validación del mes anterior (Y_{t-1}) para poder a este mostrarle la diferencia con respecto al promedio general ($Y_{t-1} - \bar{y}$), para finalizar se multiplica $[(Y_t - \bar{y})(Y_{t-1} - \bar{y})]$ y luego se eleva al cuadrado $[(Y_t - \bar{y})^2]$ con la sumatoria de estos dos datos se aplica la fórmula del coeficiente de correlación (R) y obtenemos resultados para el proceso de Recibo Total, los cuales se muestran de manera específica en la Tabla 6.

Tabla 5
Promedio de datos históricos

PROMEDIO	Periodo (t)	Proveedores	CEDI Itagui	Recibo Total
Enero	1	60.708,50	38.723,00	99.431,50
Febrero	2	49.438,50	22.160,50	71.599,00
Marzo	3	50.891,50	23.840,00	74.731,50
Abril	4	62.384,50	26.069,00	88.453,50
Mayo	5	61.506,50	26.525,50	88.032,00
Junio	6	74.747,50	28.923,50	103.671,00
Julio	7	56.749,00	34.297,50	91.046,50
Agosto	8	35.386,50	21.108,50	56.495,00
Septiembre	9	42.753,00	19.929,50	62.682,50
Octubre	10	95.833,08	40.766,08	136.599,15
Noviembre	11	155.939,45	68.650,45	224.589,91
Diciembre	12	118.203,07	74.996,07	193.199,13
PROM (\bar{y})		72.045,09	35.499,13	107.544,22

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos mediante el Coeficiente de Correlación (R) se debe tomar la decisión de cuál es el modelo de pronóstico a utilizar.

Para el caso de Recibo Total en el Centro de Distribución el resultado es de **0,60** por lo tanto aplica el modelo de variación estacional ya que $R > 0,5$ véase Tabla 7, el cual se puede evidenciar de manera gráfica, ver Grafica 2. Una vez obtenidos los resultados del Coeficiente de Correlación (R), se procede a aplicar el Índice de Estacionalidad.

Tabla 7
Resultado de Coeficiente de correlación

Constante
"R" tiende a "0" a medida que "t" aumenta
Tendencia
"R" tiende a "0" mas de "3" periodos ($Y_t - \bar{y}$) a medida que "t" aumenta
Estacional
"R" presenta variaciones de cambio de signo en ($Y_t - \bar{y}$), donde $R > 0,5$
$R = \frac{\sum(Y_t - \bar{y})(Y_{t-1} - \bar{y})}{\sum(Y_t - \bar{y})^2}$
0,60

Fuente: Propia

Tabla 6*Aplicación del Coeficiente de Correlación (R) para el proceso de Recibo*

MES t	PROM 2015-16 Yt	(Yt-ŷ)	Yt-1	(Yt-1 - ŷ)	(Yt-ŷ)(Yt-1 - ŷ)	(Yt-ŷ)^2
1	99.431,50	-8112,72	-	-	-	65.816.287
2	71.599,00	-35945,22	99.432	(8.113)	291.613.670	1.292.059.110
3	74.731,50	-32812,72	71.599	(35.945)	1.179.460.697	1.076.674.840
4	88.453,50	-19090,72	74.732	(32.813)	626.418.645	364.455.733
5	88.032,00	-19512,22	88.454	(19.091)	372.502.473	380.726.876
6	103.671,00	-3873,22	88.032	(19.512)	75.575.208	15.001.862
7	91.046,50	-16497,72	103.671	(3.873)	63.899.375	272.174.889
8	56.495,00	-51049,22	91.047	(16.498)	842.195.991	2.606.023.245
9	62.682,50	-44861,72	56.495	(51.049)	2.290.156.174	2.012.574.258
10	136.599,15	29054,93	62.683	(44.862)	(1.303.454.075)	844.188.739
11	224.589,91	117045,68	136.599	29.055	3.400.753.637	13.699.691.499
12	193.199,13	85654,91	224.590	117.046	10.025.536.854	7.336.762.965
PROM (ŷ)	107.544,224			Σ	17.864.658.649,94	29.966.150.303,76

Fuente: Propia

Gráfica 2*Resultados del Coeficiente de Correlación (R) para el proceso de Recibo*

Fuente: Propia

La aplicación del Índice de Estacionalidad, dado por su fórmula, nos arroja los resultados del pronóstico para cada uno de los meses del año 2017, como se muestra al final de la Tabla 8 y como se evidencia en la Gráfica 3 para cada uno de los meses, viendo el comportamiento de los eventos que se generan en cada mes y que hacen que las unidades a Recibir suban o bajen de acuerdo al mes.

Tabla 8*Resultado del pronóstico para el año 2017*

Mes	Periodo (t)	2015	2016	PROM (Xi)	I	2017
Enero	1	107.064	91.799	99.431,50	0,92	99.432
Febrero	2	75.138	68.060	71.599,00	0,67	71.599
Marzo	3	56.018	93.445	74.731,50	0,69	74.732
Abril	4	68.389	108.518	88.453,50	0,82	88.454
Mayo	5	83.380	92.684	88.032,00	0,82	88.032
Junio	6	109.042	98.300	103.671,00	0,96	103.671
Julio	7	75.252	106.841	91.046,50	0,85	91.047
Agosto	8	53.446	59.544	56.495,00	0,53	56.495
Septiembre	9	68.835	56.530	62.682,50	0,58	62.683
Octubre	10	137.306	135.892	136.599,15	1,27	136.599
Noviembre	11	217.341	231.839	224.589,91	2,09	224.590
Diciembre	12	218.092	168.306	193.199,13	1,80	193.199
PROMEDIO (Xg)		105.775	109.313	107.544		
SUMA		1.269.303	1.311.758	1.290.531		

Fuente: Propia

Grafica 3*Pronostico para el año 2017 por mes*

Fuente: Propia

Una vez obtenido el pronóstico para para cada uno de los periodos tenemos la herramienta para la toma de decisiones, ya que conocemos por anticipado cuantas unidades son las estimadas para el proceso y de esta manera cuanto recurso se va a

necesitar, para aumentar o disminuir la capacidad según sea necesario.

Además, con el conocimiento anticipado del dato, se puede hacer el requerimiento al operador logístico de

manera oportuna y todo esto se ve representado en una planeación y programación de la operación acertada que no se verá afectada por sobre costos logísticos.

V. RESULTADOS

Los resultados del método aplicado se validarán de dos maneras, la primera: con base en el error de pronóstico y la segunda con los indicadores de gestión que son apropiados y necesarios en la compañía, todos estos explicados en la descripción del modelo. La información pronosticada corresponde a los 12 meses del año 2017 y las unidades realizadas o reales de 2017 son de los meses cursados hasta la fecha; es decir, de enero a junio.

Inicialmente se identifica el error del pronóstico (et), ya que este es la base para poder calcular los diferentes métodos de verificación, estos están aplicados en la Tabla 9. Una vez calculado el error se

procede a sacar la desviación media absoluta (DAM) y teniendo en cuenta que en el DAM los valores elevados representan problemas en los pronósticos, para este caso no hay evidencia de novedades significativas, ya que el promedio total de los pronósticos es de 87.653 Und, y el promedio de DAM en los meses que se ha ejecutado es de 9.321, esto representa un 0,11 de Desviación Absoluta Media. Para el erro cuadrático medio (ECM) se penalizan los errores montando datos elevados de los mismos, en este caso el ECM no dice mucho, ya que aumenta en el segundo periodo pero disminuye en los cuatro periodos siguientes por lo cual es necesario aplicar un tercer método el porcentaje absoluto medio del error (PAME) que es la mejor verificación para el caso, ya que muestra en porcentaje el resultado de la medición y no da lugar a especulaciones de: ¿qué es grande y que es pequeño?, simplemente se evidencia que en promedio hay un PAME del 11,67% lo cual es muy apropiado y el error de pronóstico es bajo.

Tabla 9*Aplicación de métodos de validación del error del pronóstico*

t	Real 2017 dt	Pronostico 2017 St	et=dt-St_1	et	DAM	et^2	ECM	et /dt	PAME
1	98.577	99.432	-854	854	854	728.462	728.462	0,01	0,87%
2	74.608	71.599	-24.824	24.824	12.839	616.206.152	308.467.307	0,33	17,07%
3	75.433	74.732	3.834	3.834	9.837	14.699.556	210.544.724	0,05	13,07%
4	91.196	88.454	16.465	16.465	11.494	271.079.760	225.678.483	0,18	14,32%
5	89.029	88.032	576	576	9.310	331.200	180.609.026	0,01	11,58%
6	111.054	103.671	23.022	23.022	11.596	530.012.484	238.842.936	0,21	13,11%
7	-	91.047							
8	-	56.495							
9	-	62.683							
10	-	136.599							
11	-	224.590							
12	-	193.199							
PROM					9.321 0,11		194.145.156		11,67%

Fuente: Propia

Los indicadores establecidos son: el de cumplimiento, en el cual se identifica de manera directa si las unidades realizadas cumplieron el pronóstico y en qué porcentaje, siendo el 100% el cumplimiento perfecto, que en este caso para cada periodo/mes (t) es realmente cercano y nos muestra porcentajes de cumplimiento óptimos y el segundo indicador es el de variabilidad absoluta, con el cual se verifica el porcentaje de variabilidad de las unidades realizadas vs el pronóstico para corroborar si se subestimo o sobreestimo el dato, donde logramos evidenciar que el mes con menor

variabilidad fue Enero donde se estuvo por debajo de las unidades pronosticadas con un 0,87% y el mes con mayor variabilidad fue Junio con un 107,12% realizando más unidades de las pronosticadas y con un promedio de los meses que se han realizado la variabilidad es del 2,8%, generando confianza en el modelo de pronósticos aplicado para la toma de decisiones de planeación y programación, los indicadores asignados se pueden ver aplicados en la Tabla 10 y en la Gráfica 4 el número de unidades pronosticadas y el número de unidades realizadas en cada mes.

Tabla 10

Indicadores de Cumplimiento y Variabilidad Absoluta, aplicados a las Und. Pronosticadas y Und. Realizadas

Mes	Periodo (t)	Pronostico 2017	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Und 2017	% Cumplimiento	% Variabilidad Abs.
Enero	1	99.431,50	44.978,00	22.446,00	14.041,00	17.112,00	98.577	99,14%	0,87%
Febrero	2	71.599,00	10.767,00	13.526,00	22.797,00	27.518,00	74.608	104,20%	4,03%
Marzo	3	74.731,50	10.616,00	25.698,00	22.742,00	16.377,00	75.433	100,94%	0,93%
Abril	4	88.453,50	37.105,00	18.322,00	21.377,00	14.392,00	91.196	103,10%	3,01%
Mayo	5	88.032,00	28.038,00	33.055,00	16.312,00	11.624,00	89.029	101,13%	1,12%
Junio	6	103.671,00	49.343,00	30.380,00	19.198,00	12.133,00	111.054	107,12%	6,65%
Julio	7	91.046,50	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
Agosto	8	56.495,00	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
Septiembre	9	62.682,50	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
Octubre	10	136.599,15	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
Noviembre	11	224.589,91	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
Diciembre	12	193.199,13	-	-	-	-	-	0,0%	0,00%
PROM.								102,6%	2,8%

Fuente: Propia

Grafica 4

Unidades Pronosticadas y Unidades Realizadas por mes (2017)



Fuente: Propia

Los resultados son realmente alentadores, ya que la implementación del sistema de pronóstico, basado en el modelo de variación estacional demuestran que la operación en el Centro de Distribución se logró estabilizar, con base en porcentajes de cumplimiento más cercanos al 100% y porcentajes de variabilidad menores al 10%, generando

una herramienta sólida para la toma de decisiones de manera anticipada con unos estimados acordes al proceso y mejorando rotundamente lo presentado en el año 2016.

VII. CONCLUSIONES

En este artículo se ha expuesto un sistema de pronósticos para los procesos específicos de un Centro de Distribución, aplicando un modelo de variación estacional, que se tuvo en cuenta dados los resultados del coeficiente de correlación (R). El modelo utiliza los datos históricos de dos años atrás (24 meses) de cada proceso por separado para obtener un dato más acertado de los estimados. Su implementación en el Centro de Distribución demuestra resultados satisfactorios, tanto en verificación del pronóstico e indicadores de gestión como en la disminución de sobre-costos logísticos. También ha permitido reducir las acciones emergentes o sobre el tiempo para evitar las equivocaciones y problemas de operatividad. Se han logrado manejar de manera óptima los recursos adecuando la capacidad instalada a tiempo y dependiendo de la temporada para cada uno de los procesos. La toma de decisiones tiene un argumento adicional y es indispensable en el flujo logístico del CEDI.

En la implementación de este sistema, es necesario considerar estrategias que

permitan integrar más procesos del Centro de Distribución (Ej.: Remisiones) para que el manejo de los procesos sea integral y se logre una mayor sinergia entre las áreas, transmitiendo los beneficios que ofrece el sistema de pronósticos en todos los niveles de la operación.

La consecución de la información histórica se encuentra en las bases de datos del sistema ERP de la compañía, pero se debe depurar para obtener únicamente las unidades movidas en cada proceso, lo cual demora aún más la ejecución del modelo de pronóstico que se desarrolla en Excel, es imprescindible integrar el modelo al ERP para que los cálculos se ejecuten de manera automatizada y así tener la información de manera más ágil y en línea.

Referencias

- CSCMP. (1 de Diciembre de 2016). <https://cscmp.org/>. Obtenido de Coincil of Supply Chain Management Professionals: http://cscmp.org/CSCMP/Products/Teaching_Notes/TN_Rocket-Blast_Trade-offs_Logistics_Cost_and_Performance_Mini-Case.aspx?WebsiteKey=0b3f453d-bd90-4121-83cf-172a90b226a9
- Ferbar. (2010). Joint optimisation of demand forecasting and stock control parameters. *International Journal of Production Economics* 127, 173-179.
- Giraldo, G. A. (2014). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *Tecnura*, vol. 18, núm. 40, 89-102.
- Giraldo, G. M. (2003). Gerencia de manufactura Función de planeación. *Primera Edición Bogota Universidad Francisco Jose de Caldas*.
- Hernandez. (2008). Modelo de coordinación de inventarios en la cadena de abastecimiento de medicamentos de un hospital público. *Los cuadernos de PYLO – Logística Hospitalaria*, Universidad de Los Andes.
- Jay Heizer, B. R. (2010). *Principles of operations management*. Boston: Pearson Education.
- López, B. S. (2016). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/variaci%C3%B3n-estacional-o-c%C3%ADclica/>
- Marin, J. A. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. *Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No. 4*, 743-747.
- Mazo, A. Z. (2011). La planeación de la demanda como requisito para la gestión de las cadenas de suministro en las empresas en Colombia. *Revista Politécnica Vol. 7*, 9-22.
- Mejia, H. (2011). Application of Distribution Plants methodologies for setting up a Distribution Center. *Scientia et Technica Año XVI, No 49*, 63-68.
- MURILLO, J. (2003). ESTUDIO DEL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA,. *Scientia et Technica Año IX, No 23*, 37-42.
- Posada, J. G. (2011). Aspects to Consider for High Quality Administration of Corporate Distribution Centers (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science v.16 n.30*, 83-96.
- Restrepo, L. F. (2005). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 183-192.

Sipper, D. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. México DF.: The McGraw-Hill.

Snyder. (2002). Forecasting for inventory control with exponential smoothing. *International Journal of Forecasting* 18, 5-18.

Syntetos. (2010). Forecasting and stock control: A . *International* , 103-111.